

НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

СИРОТЮК СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ

**ОБГРУНТУВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ
КОРЕЛЯЦІЙНОГО ВИМІРЮВАЧА ПОТОКУ МОЛОКА
В ПРОЦЕСІ МАШИНОГО ДОІННЯ**

Спеціальність 05.20.01-

"Механізація сільськогосподарського виробництва"

С. С.

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ - 1996



00739473 (X)

Дисертація є рукопис.
Робота виконана в Інституті сільського господарства України та Львівському державному сільськогосподарському інституті

Науковий керівник : кандидат технічних наук,
старший наук. співробітник
А.І. Фененко

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Л.А. Ерошок
кандидат технічних наук,
старший наук. співробітник
С.П. Ліщинський

Провідна установа: Український Державний Центр по
виготовленню та прогнозуванню техніки і технологій
для сільськогосподарського виробництва (Укр ЦВТ)

Захист дисертації відбудеться "16 травня" 1996 року о 14³⁰
год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.05.04 в
Національному аграрному університеті за адресою: 252041, м.Київ-41,
вул.Героїв оборони, 15, навч.корп. 7, аудиторія 27.

Просимо взяти участь в обговоренні дисертації або надіслати
Ваш відгук на автореферат у 2-х примірниках, завірених гербовою
печаткою, за адресою: 252041, м.Київ-41, вул.Героїв оборони, 15, сектор
захисту дисертацій.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного
аграрного університету.

Автореферат розісланий "3 квітня" 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,
канд. техн. наук, доцент

В.Д.ГРЕЧКОСІЙ

AB - 37.596

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах переходу сільського господарства України до багатуокладних засад виробництва і ринкових відносин є забезпечення конкурентноспроможності продукції, яка характеризується низькою собівартістю, високою якістю і мінімальними питомими затратами праці. Це завдання неможливо розв'язати без впровадження у виробництво прогресивних технологій.

Особливо це стосується молочного скотарства, як найскладнішої галузі сільського господарства, в якій тісно взаємодіють біологічні та технічні підсистеми "людина-машина" та "машина-тварина".

Одним із найскладніших в молочному скотарстві є технологічний процес машинного доїння, оскільки він пов'язаний з безпосередньою взаємодією машини і тварини. Для забезпечення оптимального режиму цього процесу сучасні доїльні апарати повинні пристосовуватись до конкретних умов протікання процесу молоковіддачі. Основним фактором, у функції якого здійснюється керування процесом доїння є інтенсивність молоковіддачі, яка обумовлена фізіологічними процесами, що протікають в тварині під час доїння. Вона несе інформацію про молочну продуктивність як кожної тварини окрема, так і ферми вцілому і на її основі може здійснюватись оптимальне керування виробництвом.

Засобом вимірювання інтенсивності молоковіддачі приділяється особлива увага, оскільки інформація, яку вони дають, є ключовою і від її оперативності та достовірності залежить ефективність виробництва.

Мета роботи - обґрунтування параметрів вимірника потоку молока і адаптація його роботи в складі багаторежимного доїльного апарата та АСК ПІ машинного доїння.

Об'єктом досліджень є процес руху молока в молочному шланзі доїльного апарата під час доїння та проточний вимірник потоку молока кореляційного типу.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження ґрунтувались на основних законах механіки, гідро- і газової динаміки.

Експериментальні дослідження проведені в лабораторних і виробничих умовах з використанням стандартної апаратури і розробленого обладнання. У дослідженнях застосовувались методи планованого експерименту, кореляційного та гармонічного аналізів. При обробці даних планованих експериментів використаний регресійний аналіз. Моделювання процесів і обробіток даних здійснювався із застосуванням стандартних та спеціально розроблених програм для ЕОМ.

Наукова новизна. Розроблена модель динаміки руху молока в молочному шланзі доїльного апарата під час доїння при несутільному його заповненні з врахуванням зміни в часі вакууметричного тиску в молокозбірній камері колектора та інтенсивності молоковіддачі. Розроблені теоретичні основи для побудови проточного кореляційного вимірника потоку молока з діелектричними первинними перетворювачами заповнення перерізу трубопровода молоком. Обґрунтована структура та оптимізовані основні параметри кореляційного вимірника потоку молока. Одержані рівняння регресії комплексного опору та сумарної ємності первинного перетворювача при його заповненні молоком та випорожненні.

Практична цінність. Досліджено характер вихідного сигналу первинного перетворювача від ступеня заповнення трубопровода та просторового розташування в його перерізі форми потоку молока. Створені апаратні і програмні засоби для дослідження і тарування перетворювача. Розроблена принципова схема, програмне забезпечення і конструкція кореляційного вимірника потоку молока. На основі застосування кореляційного вимірника потоку молока розроблено багаторежимний доїльний апарат, який забезпечує адаптацію режимів його роботи до умов молоковіддачі, індивідуальний контроль за продуктивністю корови з метою нормування видачі індивідуальної дози концентрованого корму, уникнення перетримок доїльного апарата.

та після закінчення молоковіддачі, що зменшить ризик захворювання корів маститом, підвищить їх продуктивність.

Реалізація результатів роботи. Результати досліджень були передані в УкрДВТ для впровадження при реалізації проекту "Ферма-автомат майбутнього-800" (ФАМ-800). Очікуваний економічний ефект від впровадження кореляційного вимірювача потоку молока в складі багаторежимного доїльного апарата на фермі 200 голів буде становити 1164.191 млн.крб. Реальний економічний ефект від впровадження вимірювача потоку молока є складовою частиною проекту ФАМ-800 і буде визначений під час його дослідної експлуатації.

Конкретний особистий внесок. Розроблена аналітична модель динаміки руху молока в молочному шланзі доїльного апарата в процесі доїння за умов його несущільного заповнення з врахуванням зміни вакууметричного тиску в молокозбірній камері колектора, інерційних і гравітаційних явищ опору в'язкого тертя, інтенсивності молоковіддачі та геометричних параметрів доїльного апарата. Одержано аналітичну залежність модуля комплексного опору первинного перетворювача від його геометричних параметрів та фізичних властивостей молока. Обґрунтовані параметри первинного перетворювача вимірювача потоку молока кореляційного типу. Створено програмне забезпечення і проведено моделювання процесу зміни швидкості в молочному шланзі доїльного апарата під час доїння від інтенсивності молоковіддачі, оптимізовані геометричні параметри первинного перетворювача заповнення трубопровода молоком. Розроблені принципова схема, програмні засоби і конструкція кореляційного вимірювача. Створені засоби для лінеаризації вихідної характеристики та проведені експериментальні дослідження вимірювача.

Особиста участь в опублікованих у співавторстві працях становить 40 - 60 %.

На захист вносяться: результати теоретичних досліджень динаміки руху молока в молочному шланзі доїльного апарата; резуль-

тати вибору та обґрунтування основних параметрів кореляційного вимірювача потоку молока; результати експериментальних досліджень та оптимізації геометричних параметрів первинного перетворювача заповнення трубопровода молоком; принципова схема, апаратні та програмні засоби вимірювача потоку молока; результати досліджень кореляційного вимірювача потоку молока в лабораторних і виробничих умовах.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи були заслухані і обговорені: на звітній конференції викладачів та аспірантів Львівського державного сільськогосподарського інституту за наслідками науково-дослідної роботи 1993р. (м. Львів-1994); на міжнародній науково-технічній конференції з питань розвитку механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин (м. Глеваха-1994 р.); на міжнародній науково-практичній конференції "Випробування, прогнозування і адаптація до виробничих умов вітчизняної та зарубіжної техніки і технологій для рослинництва та тваринництва" (м. Дослідницьке-1995).

Вимірювач потоку молока виконаний за результатами досліджень демонструвався у Національному виставочному центрі при Кабінеті Міністрів України з 12.02 по 15.02.1996р.

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано у п'яти роботах, в т.ч. авторське свідоцтво No 1706483.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота включає вступ, п'ять розділів, висновки і пропозиції, бібліографічний список та додатки. Загальний обсяг дисертації 220 сторінок, в т.ч. 135 сторінок машинописного тексту, 20 таблиць, 60 рисунків. Бібліографічний список нараховує 96 найменувань.

ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Обґрунтована актуальність роботи, викладені основні положення, що виносяться на захист.

РОЗДІЛ 1. Огляд методів вимірювання витрати стосовно застосування їх в засобах обліку молока та керування технологічним процесом машинного доїння

Характерною особливістю більшості вимірювачів кількості молока є: неефективність їх очищення в автоматичній циркуляційній системі доїльної установки, а також відсутність електричного сигналу на виході, тобто вони орієнтовані на візуальне визначення кількості надоеного молока.

Аналіз існуючих способів і засобів вимірювання кількості рідини для виявлення можливості їх адаптації до вимірювання потоку молока в процесі доїння дозволив сформулювати специфічні вимоги, до яких відносяться: наявність нормованого електричного сигналу на виході; облік кількості надоеного молока у двофазовому пульсуючому потоці з допустимою похибкою $\pm 5\%$; використання інтенсивності молоковіддачі для автоматичного керування режимами роботи доїльного апарата; відсутність негативного впливу роботи лічильника на стабільність вакуумного режиму доїльної установки; ефективне очищення і дезинфекція приладу сумісно з доїльним обладнанням; стабільність в часі метрологічних характеристик, малі габарити, висока експлуатаційна надійність, тощо.

Аналіз існуючих засобів обліку витрати рідини із врахуванням вищенаведених вимог і умов застосування показав, що для вимірювання інтенсивності молоковіддачі та кількості молока в процесі доїння, доцільно застосувати проточний вимірювач потоку кореляційного типу з ємнісними первинними перетворювачами заповнення трубопровода.

На основі проведеного аналізу стану питання поставлені такі задачі досліджень:

1. Провести теоретичні та експериментальні дослідження характеру руху молока в молочному шланзі доїльного апарата в процесі доїння і на його основі обґрунтувати можливість реалізації кореляційного методу вимірювання інтенсивності молоковіддачі та основних параметрів вимірювача.

2. Дослідити фізичні властивості молока та їх вплив на вихідну напругу первинного перетворювача заповнення трубопроводу.

3. Оптимізувати основні параметри первинного перетворювача заповнення та вимірювача потоку молока.

4. Розробити апаратні і програмні засоби вимірювача потоку молока та провести дослідження його метрологічних характеристик в лабораторних і виробничих умовах.

5. Провести техніко-економічне обґрунтування ефективності застосування кореляційного вимірювача потоку молока в засобах машинного доїння корів.

РОЗДІЛ 2. Теоретичні дослідження динаміки потоку молока в процесі доїння та обґрунтування основних параметрів вимірювача витрати

Дослідженню процесу транспортування молока в шланзі доїльного апарата присвячені роботи як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Вагомий вклад у розв'язання цього питання внесли: В.Ф. Корольов, Е.А. Келпіо, В.П. Похваленський, А.І. Зеленцов, Й.А. Цой, Л.П. Карташов, А.І. Фененко, С.П. Ліщинський та інші. Однак, деякі питання, що стосуються динаміки руху молока в процесі доїння, залишаються недостатньо висвітленими.

Нами розроблено фізичну модель роботи доїльного апарата (рис.1), в якій рух молока розглядається як окремі порції молоко-повітряної суміші з врахуванням впливу інтенсивності молоковіддачі Q_m та зміни вакууметричного тиску $P(t)$ в молокозбірній камері колектора у вигляді:

$$P(t) = P_a - \rho gh - \frac{d\theta}{dt} \frac{Q_m t \rho}{S_m} - \frac{\lambda \rho Q_m^2 l_m}{2d_m S_m^2} - \frac{V_0 P_0}{V_0 + S_m t_1} \quad (1)$$

де, P_B -номінальний вакууметричний тиск; V_0, P_0 -початкові значення об'єму і тиску в камерах, що з'єднані із піддійковими просторами доільних стаканів; l_m, d_m, S_m -довжина, внутрішній діаметр та площа поперечного перерізу молочного шланга; λ -коефіцієнт; ρ -густина молоко-повітряної суміші; t_1, t -тривалість перехідного процесу та біжуче значення часу; h -геометрична різниця рівнів початку і кінця порції.

Також одержано залежність швидкості руху порції молоко-повітряної суміші $\dot{v}(t)$ в будь-який момент часу у вигляді:

$$\dot{v}(t) = \int_0^t \left(\frac{S_m P_B}{Q t_1} - \frac{V_0 P_0 S_m}{(V_0 + \dot{v}(t) t) S_m Q t_1} - \frac{g h S_m}{Q t_1} - \frac{\lambda Q l_m}{2 d_m S_m t_1} \right) dt. \quad (2)$$

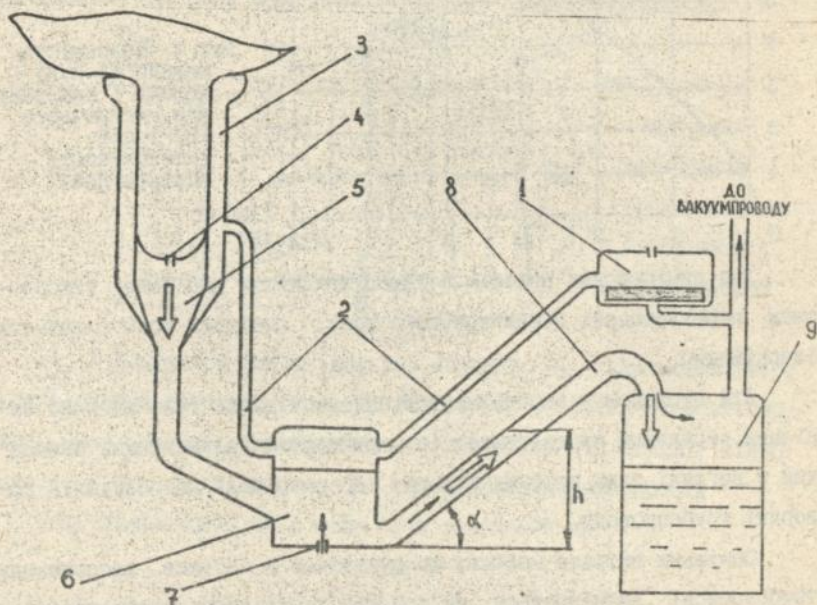


Рис. 1. Модель роботи доільного апарата
1-камера змінного тиску пульсатора; 2-повітряний шланг; 3-між-тінкові камери доільних стаканів; 4-сфінктери діжок; 5-піддійкові камери доільних стаканів; 6-молоковідбирна камера колектора; 7-калібрований отвір; 8-молочний шланг; 9-молокозбірний бідон.

Розв'язуючи рівняння (1) і (2) відносно $\dot{v}(t)$ методом послідовних наближень (ітерацій) для різних значень часу та інтенсивності молоковіддачі та інтегруючи за часом, отримаємо початкове значення тиску в молокозбірній камері колектора та швидкість руху

порції молоко-повітряної суміші на кінці молочного шланга, де передбачається розміщення вимірювача потоку молока (рис.2). Встановлено, що швидкість руху молоко-повітряної суміші в доїльному шланзі є змінною і за певних умов досягає 8 м/с.

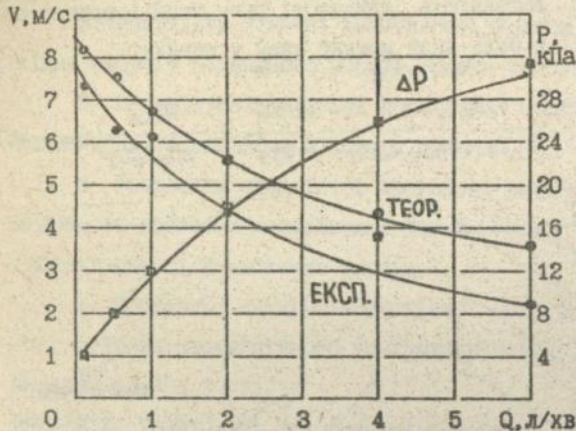


Рис.2. Залежність швидкості руху молока і перепаду вакууметричного тиску від інтенсивності молоковіддачі

Для вимірювання потоків з такою швидкістю доцільно використати перетворювачі діелектричного типу, оскільки вони є найменш інерційними.

Для проведення експериментальних досліджень було вибрано емнісний первинний перетворювач із сприймаючими елементами, виконаний у вигляді пари плоских кілець, що розміщені на зовнішній поверхні трубопроводу.

Оскільки витрата молока, що рухається в частков. заповненому трубопроводі визначається як добуток площі поперечного перерізу рідини в будь-який момент часу на швидкість її переміщення, то вимірювання в процесі доїння можна розглядати як дві незалежні технічні задачі. Якщо ступінь заповнення в достатній мірі надійно оцінюється вихідною величиною первинного перетворювача заповнення, то визначення швидкості може бути адійснено вимірюванням часу τ проходження певного перерізу молока відстані L між двома первинними перетворювачами:

$$\phi = L/\tau. \quad (3)$$

Якщо допустити, що силові лінії електричного поля первинного перетворювача не виходять за його межі внаслідок великої діелектричної проникності матеріалу корпусу і молока, а також високої активної провідності молока та відсутності втрати за рахунок активної провідності корпусу, а поверхневі явища на сприймаючих елементах не змінні в часі за рахунок живлення первинного перетворювача змінним струмом і відсутності контакту з молоком, то схема заміщення його може бути зображена у вигляді (рис.3):

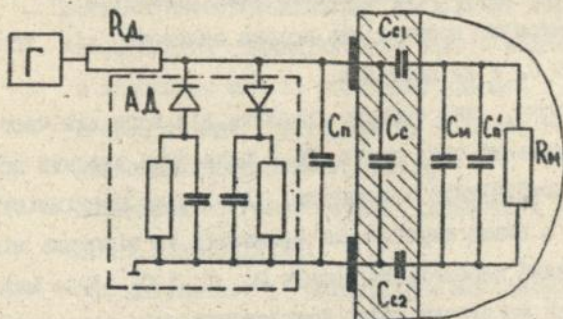


Рис.3. Схема заміщення первинного перетворювача заповнення трубопроводу

де, Г-генератор синусоїдальної напруги; R_d - додатковий опір; АД-амплітудний детектор; R_m -опір молока; C_n, C_c, C_m, C_n' -ємності повітря, скла, молока та повітря в молоко-повітряній суміші, відповідно; C_{c1}, C_{c2} -перехідні ємності через скляний трубопровід.

Тоді комплексний опір може бути знайдений як:

$$\underline{Z} = \underline{Z}_{cc1} + \underline{Z}_{cc2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{\underline{Z}_m}\right) + \left(\frac{1}{\underline{Z}_{cm}} + \frac{1}{\underline{Z}_{cn}}\right)}. \quad (4)$$

Підставивши значення складових опорів в комплексній формі і відокремивши активну і реактивну складові, отримуємо рівняння модуля комплексного опору у вигляді(5).

Як видно із схеми заміщення (рис.3) і рівняння (5), у випадку руху двофазової молоко-повітряної суміші, ємності C_{c1} і C_{c2} суттєво залежать від змочуваної поверхні трубопроводу, що міс-

$$Z = \frac{\sqrt{\left(\frac{B_a}{B_a^2 + B_p^2} + G_{вх}\right)^2 + \left(\omega C_n + \frac{B_a}{B_a^2 + B_p^2}\right)^2}}{\left(\frac{B_a}{B_a^2 + B_p^2} + G_{вх}\right)^2 + \left(\omega C_n + \frac{B_a}{B_a^2 + B_p^2}\right)^2}, \quad (5)$$

де,

$$B_a = \frac{G}{G^2 + \omega^2 (C_M + C_n')^2}, \quad B_p = \frac{1}{\omega (C_{c1} + C_{c2})} + \frac{\omega (C_M + C_n')}{G^2 + \omega^2 (C_M + C_n')^2}$$

ω - кругова частота, $\omega = 2\pi f$; f - робоча частота напруги живлення давача, Гц; G - активна провідність, $G = 1/R_M$; $G_{вх}$ - вхідна активна провідність.

титься в зоні дії електричного поля сприймаючих елементів.

Оскільки діелектрична проникність молока залежить від його складу, то і ємність C_M є не постійна.

Провідність молока, яка суттєво залежить від його хімічного складу, визначає активний опір молока R_M , вона буде вносити похибку у визначення коефіцієнта заповнення. Але, якщо провідність молока є високою, а площа сприймаючих елементів та відстань між ними незначна, то ланка паралельних опорів R_M , C_M і C_n' буде мати малу частку впливу на загальний опір. Комплексний опір первинного перетворювача в основному обумовлюється ємностями C_{c1} , C_{c2} , які є функціями тільки коефіцієнта заповнення K_v .

Щодо точності визначення часу τ проходження певного перетину відстані між двома первинними перетворювачами, то основна похибка його визначення обумовлена недостатньою тіснотою кореляційного зв'язку між реалізаціями двох перерізів випадкового процесу, яка кількісно оцінюється коефіцієнтом взаємної кореляційної функції.

На основі наших досліджень встановлено, що застосування класичних методів кореляційного та гармонічного аналізів при заданих апаратних засобах не знайде практичного застосування, внаслідок великої дискретності вимірювання та суттєвого ускладнення програмного забезпечення. Тому визначення швидкості потоку молока в процесі доїння доцільно здійснювати апаратно-програмним способом,

де оцінка швидкості здійснюється за зміщенням фронтів сигналів обох перетворювачів, яке корелює із всуvom реалізацій вцілому. Перевагою даного способу визначення часу τ є суттєве спрощення програмного забезпечення та досягнення високої точності вимірювання за рахунок того, що процес визначення часу τ буде виконуватись один раз за кожен цикл роботи доїльного апарата і поза основною програмою, тому не буде суттєвих обмежень щодо швидкодії мікропроцесорних засобів.

РОЗДІЛ 3. Програма і методика експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень передбачає:

- дослідження динаміки руху порцій молоко-повітряної суміші в молочному шланзі доїльного апарата в процесі доїння;
- обґрунтування і оптимізацію основних геометричних параметрів первинного перетворювача;
- оптимізацію геометричних параметрів вимірювача інтенсивності молоковіддачі;
- обґрунтування і оптимізацію алгоритму вимірювання та обробки результатів.

З метою підтвердження відповідності теоретичних залежностей динаміки процесу транспортування молока в шланзі доїльного апарата проведено експериментальне дослідження руху на лабораторному стенді, розробленому на кафедрі механізації тваринництва Львівського державного сільськогосподарського інституту (рис.4).

Основою стенда є фрагмент доїльної установки ДАС-2Б. Дослідження проводились при фіксованих в часі значеннях інтенсивності молоковіддачі. При проходженні молока через вимірювач на виводах блоку первинної обробки інформації отримували аналогові сигнали з двох первинних перетворювачів. Величини цих сигналів відображають ступінь заповнення молоком поперечного перерізу молочного шланга. Сигнали подавались на гальванометри світлопроменевого осцилографа Н-117 для фіксації реалізацій процесу на світлочутливому папері.

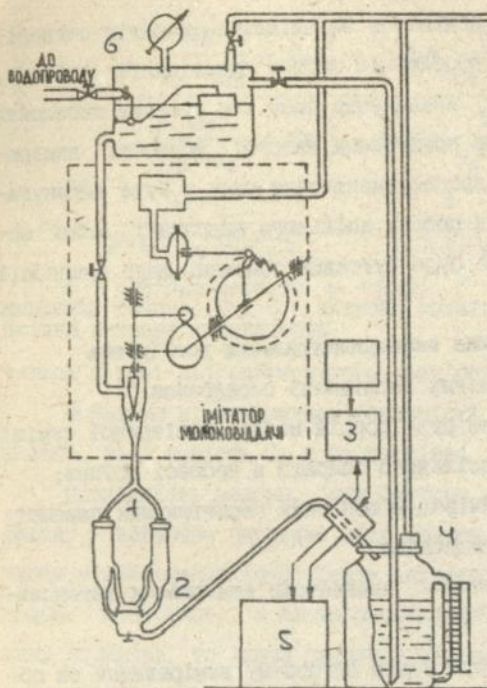


Рис. 4. Схема лабораторного
стенда

- 1-штучне вим'я;
- 2-доїльний апарат;
- 3-вимірвач потоку
молока;
- 4-молокозбірний бідон;
- 5-осцилограф Н-117;
- 6-місткість для
вирівнювання рівня.

Час зміщення реалізацій τ визначався шляхом замірів реально-го зміщення осцилограм з використанням часових відміток.

На основі цих досліджень обґрунтовані основні геометричні параметри первинного перетворювача.

Оптимізація геометричних параметрів вимірвача інтенсивності молоковидачі, стосовно кореляційного способу вимірювання, здійснена за двома критеріями. Це максимальна тіснота кореляційного зв'язку випадкового процесу у двох перерізах і точність вимірювання часу проходження молока між ними.

Обґрунтування геометричних параметрів первинного перетворювача здійснено оптимізацією за критерієм, що відображає максимальне значення чутливості та мінімальне значення похибки вимірювання.

На варіацію приведеної похибки вимірювання впливає хімічний

склад молока, тому визначали діапазон зміни активної провідності молока залежно від факторів, що впливають на його хімічний склад. Зміню діелектричної проникності молока в першому наближенні нехтували, оскільки вона від хімічного складу залежить в незначній мірі. Як видно із схеми заміщення (рис.3) при паралельному під'єднанні C_M і R_M , вплив зміни діелектричної проникності на комплексний опір є малим.

Експериментальні дослідження можливої зміни активної провідності молока залежно від індивідуальних особливостей тварин (віку, періоду лактації) та інших факторів свідчать, що варіація питомого активного опору становила від 0.132 до 0.213 кΩ·см.

Оптимізацію геометричних параметрів агідно з формулою(5) провели дослідженням чутливості сприймаючих елементів первинного перетворювача. При цьому визначили, що більш об'єктивною характеристикою інваріантною до схеми включення первинного перетворювача

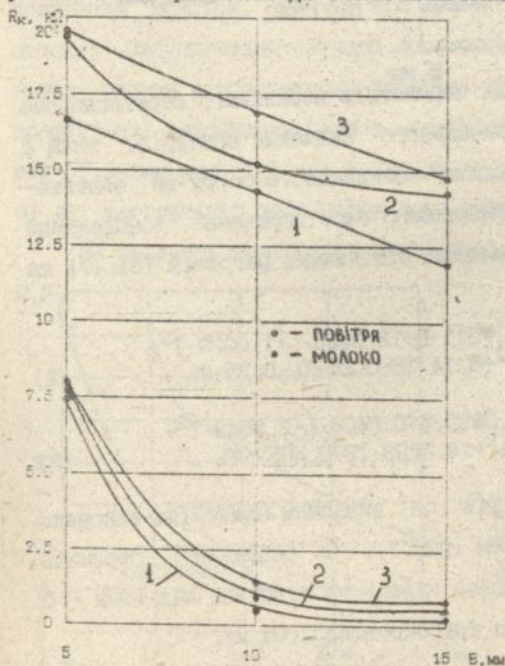


Рис.5. Залежність комплексного опору первинного перетворювача від геометричних параметрів сприймаючих елементів при заповненні його молоком при товщині стінки трубопроводу 0.6мм 1-відстань між кільцями L-5 мм; 2,3-те саме для L-10 і L-15.

у вимірювальну схему є його комплексний опір, який обумовлює величину вихідного сигналу вимірювача (рис.5).

Для з'ясування впливу на комплексний опір хімічних властивостей вимірюваного середовища і диференціації його складових, експериментально визначено сумарну ємність при заповненні первинного перетворювача рідиною з різними фізичними властивостями (рис.6).

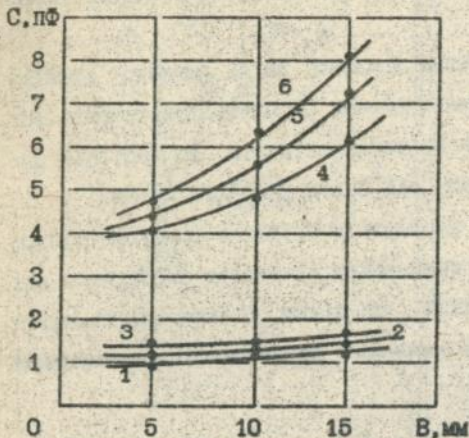


Рис.6.Залежність сумарної ємності перетворювача від ширини сприймаючих елементів.
1,2,3 - заповнення первинного перетворювача дистильованою водою при відстані між кільцями відповідно 5, 10 і 15мм для товщини стінки трубопроводу Т-1.1 мм;
4,5,6 - те саме для повітря;

Оптимізація геометричних параметрів первинного перетворювача здійснювалась пошуком максимального значення критерію, який є відношенням динамічного діапазону комплексного опору на заповненого і заповненого молоком первинного перетворювача. Комплексний опір визначено згідно з одержаними рівняннями регресій (6),(7) та залежністю (5)

$$R_{\text{гн}} = 19.0688 - 4.0936 \cdot T - 16.7511 \cdot B + 12.3656 \cdot L + 1.0039 \cdot T^2 + 3.8167 \cdot B^2 - 5.6333 \cdot L^2 + 8.14 \cdot TB - 0.66 \cdot TL - 0.35 \cdot BL, \quad (6)$$

$$R_{\text{м}} = 18.1099 - 3.7887 \cdot T - 38.0893 \cdot B + 0.6404 \cdot L - 2.9542 \cdot T^2 + 14.9767 \cdot B^2 + 0.3817 \cdot L^2 + 14.3293 \cdot TB - 0.6857 \cdot TL, \quad (7)$$

Для оптимізації параметрів за вказаним критерієм виконано моделювання з використанням ЕОМ (рис.7). В результаті отримано такі оптимальні параметри: ширина кілець та відстань між ними - 5 мм при товщині стінки скляного трубопроводу 1.05 мм.

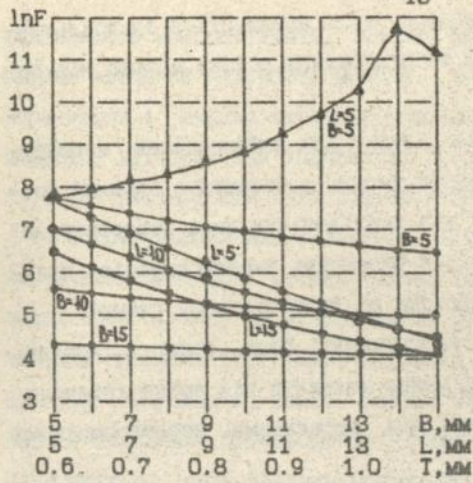


Рис.7. Залежність критерію оптимізації первинного перетворювача від зміни його геометричних параметрів

Експериментально встановлено, що вихідна величина первинного перетворювача нелінійно залежить як від ступеня заповнення трубопровода молоком, так і від просторового розташування і форми потоку. Забезпечення рівного просторового розташування і форми потоку рідини в поперечному перерізі трубопровода при фіксованому коефіцієнті заповнення рідини досягалось розміщенням останньої між стінками циліндричних вставок, коаксіально розташованих в зоні дії електричного поля первинного перетворювача.

Як свідчать результати досліджень (рис.8) крутивна характе-

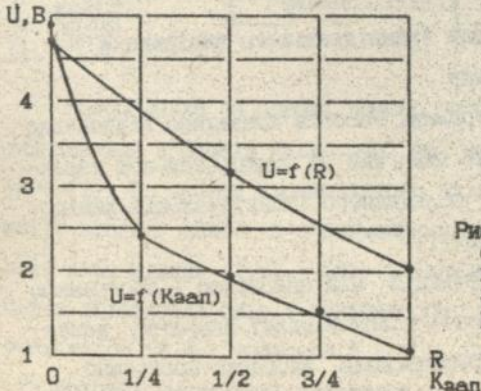


Рис.8. Залежність вихідного сигналу первинного перетворювача від ступеня заповнення і просторового розташування потоку молока.

ристики первинного перетворювача суттєво зменшується із збільшенням його заповнення $U-f(K_{\text{зал}})$ та віддалення потоку молока від периферії трубопровода $U-f(R)$.

В кореляційних вимірниках потоку для забезпечення необхідної точності вимірювання основною умовою є достатньо високий коефіцієнт кореляційного зв'язку між реалізаціями двох перерізів випадкового процесу, отриманого від первинних перетворювачів, кількісна характеристика яких визначена на лабораторному стенді.

Результуючою величиною в експерименті була тіснота кореляційного зв'язку $r_x(t, t')$, яка менше залежить від зміни інтенсивності молоковіддачі при відстані між первинними перетворювачами $L=50$ мм (рис.9).

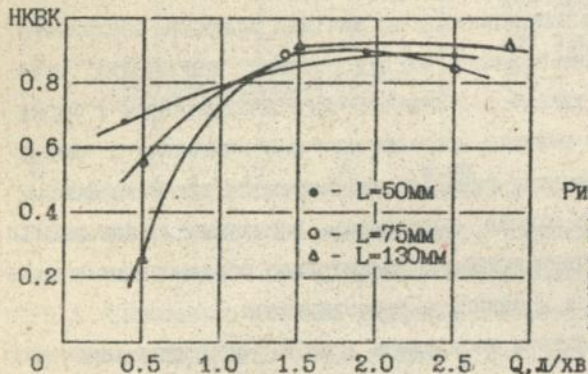


Рис.9. Залежність характеру кореляційного зв'язку між реалізаціями в двох перерізах випадкового процесу

РОЗДІЛ 4. Розробка і дослідження індивідуального вимірника потоку молока кореляційного типу

Розробку апаратних і програмних засобів проведено відповідно із розробленими нами вихідними вимогами та функціональною характеристикою доільного апарата, обладнаного індивідуальним вимірником інтенсивності молоковіддачі.

В результаті розподілу функцій між апаратною і програмною частинами вимірника інтенсивності молоковіддачі апаратно визначається ступінь заповнення трубопровода, апаратно-програмно - швидкість руху проці молоко-повітряної суміші і програмно - ін-

тенсивність молоковіддачі, часові характеристики процесу доїння, біжуче значення кількості молока, ввід технологічної інформації, формування і видача сигналів керування режимами роботи доїльного апарата, відображення інформації на робочому місці майстра машинного доїння та обмін інформацією з центральною ЕОМ.

Обґрунтування раціонального алгоритму обробки інформації для визначення швидкості потоку молока здійснено моделюванням обчислювального процесу на персональній ЕОМ. Виявлено найбільш раціональний апаратно-програмний алгоритм суть якого полягає в тому, що при проходженні фронту порції молоко-повітряної суміші через перший первинний перетворювач вмикається таймер, зупинка якого здійснюється проходженням фронту через другий первинний перетворювач. Реалізація даного алгоритму забезпечена схемним рішенням.

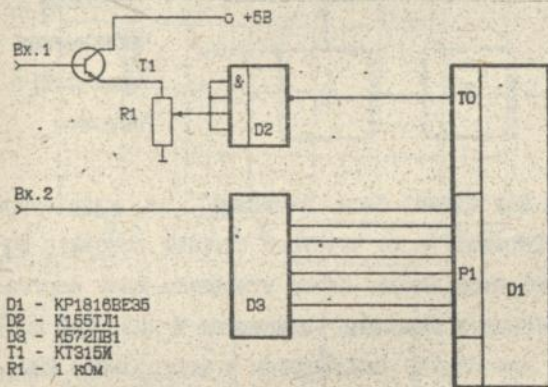


Рис.10. Схема апаратних засобів для визначення часу зміщення реалізацій двох первинних перетворювачів

Розроблений на основі даного способу вимірювач потоку молока складається з блоків аналогової та цифрової обробки інформації (рис.11). До складу двоканального блоку аналогової обробки інформації входить давач із сприймаючими елементами, виконаними у вигляді двох кілець (2,3), одне з яких з'єднане в корпусом, а друге через додатковий опір з генератором синусоїдальної напруги 1 з амплітудою 12 В і частотою 3.2 МГц. Паралельно їм під'єднані двопівперіодні амплітудні детектори (4,5), з'єднані з операційними

Державна науково-технічна бібліотека України

підсилювачами (6,7). Цифровий блок обробки інформації складається з АЦП (8), аналоговий вхід якого під'єднаний до виходу підсилювача першого каналу. Виходи цифрового коду АЦП під'єднані до порта P1 однокристалної мікро-ЕОМ (10). Аналоговий сигнал з підсилювача другого каналу через пороговий елемент (9) з'єднаний з тестованим входом мікро-ЕОМ.

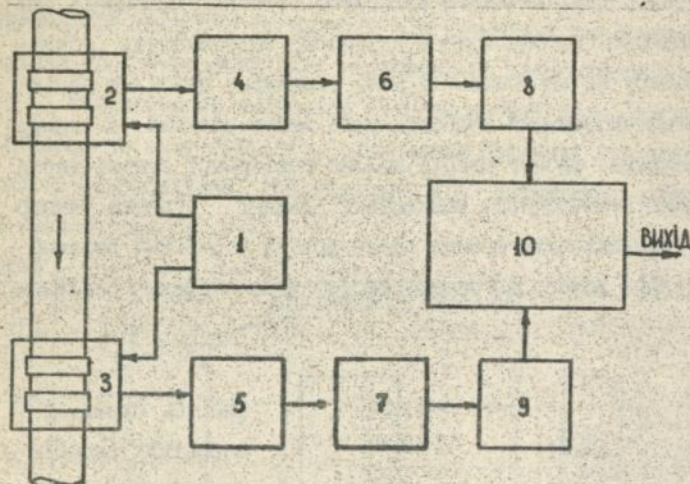


Рис.11.Блок-схема вимірювача з апаратно-програмним способом визначення швидкості потоку

До порту P1 також під'єднані блок індикації та клавіатура вводу технологічної інформації. А до чотирьох старших розрядів порту P2 під'єднаний дешифратор, виходи якого утворюють шину керування режимами роботи доїльного апарата, індикацією й АЦП. Цей порт також використовується для обміну інформацією з центральною ЕОМ.

Для забезпечення програмної підтримки роботовадатності апаратних засобів, проведення цифрової обробки інформації та зв'язку з центральною ЕОМ розроблена програма в кодах асемблера мікро-ЕОМ.

Лінеаризація вихідної характеристики та масштабування реалізовано табличню в програмній пам'яті мікро-ЕОМ (рис.12).

Дослідження метрологічних характеристик вимірювача потоку молока проведені при зміні технологічних параметрів доїльного об-

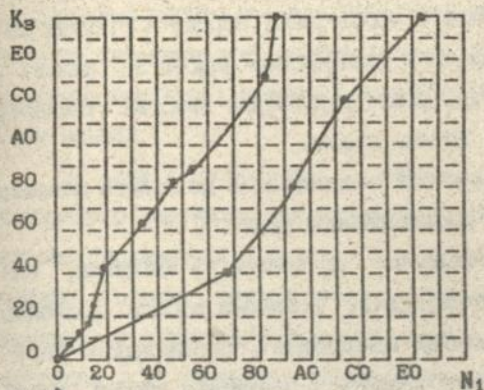


Рис. 12. Лінеаризація і масштабування вихідних характеристик первинного перетворювача та вимірювача.

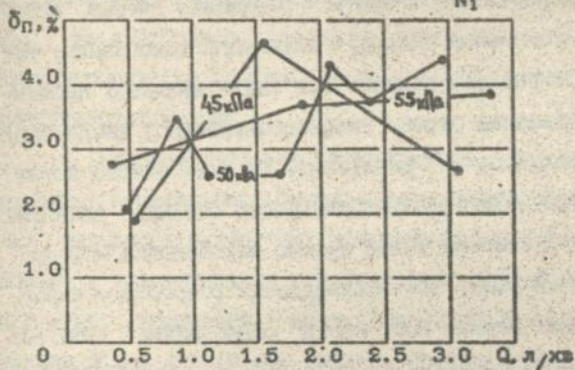


Рис. 13. Залежність приведеної похибки вимірювання від зміни дестабілізуючих факторів та зміни інтенсивності молоковіддачі

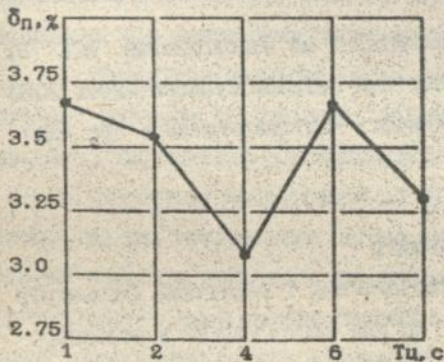


Рис. 14. Залежність приведеної похибки вимірювання при змінній в часі інтенсивності молоковіддачі

ладнання в допустимих межах (рис. 13) свідчать, що похибка вимірювання не перевищує 4.57%.

Виробничі випробування вимірювача потоку проведені на тва-

ринницькій фермі учгоспу "Дублянський" Жовківського району Львівської області в групі корів черно-рябої породи з рівними характеристиками молоковіддачі та з одноразовим надоем не нижче 3 дм³ (рис.14.) показали, що вимірювач відповідає вимогам стандарту на індивідуальні вимірювачі потоку молока.

РОЗДІЛ 5. Економічна ефективність застосування доїльного апарата з вимірювачем потоку молока кореляційного типу

Застосування доїльного апарата, що працює із змінними, залежно від інтенсивності молоковіддачі, режимами роботи дозволяє досягти нових техніко-економічних показників: оптимального керування режимами роботи доїльного апарата; зменшення затрат праці персоналу за рахунок уникнення операції машинного додоювання; організації раціональної годівлі залежно від індивідуальної продуктивності тварини; збільшення строку високопродуктивної експлуатації дійних корів та більш повної реалізації їх генетичного потенціалу; сприяння автоматизації зооветеринарного обліку; дозволяє оперативно втручатись в технологічний процес виробництва молока.

Сумарний очікуваний ефект від впровадження розробки у виробництво в розрахунок на ферму 200 корів становитиме 1164.191 млн.крб/рік.

Сумарні додаткові капіталовкладення на впровадження АСК III виробництва молока згідно з експертною оцінкою становитимуть 2030 млн.крб. За даних умов строк окупності капіталовкладень при впровадженні АСК III буде 1.7 року.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. На основі аналізу технологічних і технічних параметрів вимірювачів потоку встановлено, що для застосування в молокопровідній лінії доїльного апарата доцільно використати кореляційний засіб вимірювання.

2. Встановлено, що для інтенсивності молоковіддачі 0.2...6.0

дм³/хв молоко в молочному шланзі доільного апарата транспортується окремими порціями з нерівномірною швидкістю, яка для менших значень інтенсивності молоковіддачі досягає 8.1 м/с. Одержані результати покладені в основу розробки кореляційного вимірювача потоку молока.

3. Аналіз теоретичної залежності модуля комплексного опору первинного перетворювача заповнення трубопровода показав, що при ширині сприймаючих елементів і відстані між ними 5мм та товщині скляної стінки трубопровода 1.05мм може бути усунутий вплив фізичних і хімічних властивостей молока на вихідну величину перетворювача. Ці параметри відповідають максимуму критерію оптимізації, що відображає відношення динамічного діапазону первинного перетворювача до варіації його вихідної величини за рахунок зміни властивостей молока.

4. Експериментально встановлено, що нормований коефіцієнт взаємної кореляційної функції випадкового процесу у двох перерізах залежно від відстані між первинними перетворювачами (50,75 і 130мм) і інтенсивністю молоковіддачі, що змінювалась від 0.4 до 2.8 л/хв, коливався в межах від 0.277 до 0.911. Тому, із врахуванням більш стабільних значень коефіцієнта кореляції оптимальною відстанню між первинними перетворювачами є 50 мм.

5. Внаслідок значного обсягу обробки цифрової інформації керування процесом вимірювання, відображення та обміну у вимірювачі доцільно застосувати однокристалъну мікро-ЕОМ серії 1816ВЕ48.

6. На основі моделювання процесу вимірювання на ЕОМ встановлено, що для вимірювання інтенсивності молоковіддачі в процесі доїння найбільш придатним при вказаних засобах вимірювання є апаратний спосіб вимірювання ступеня заповнення трубопровода і апаратно-програмний спосіб визначення швидкості руху молока.

7. Розроблена методика та дослідне обладнання дозволяє в лабораторних умовах моделювати процес транспортування молока в мо-

лочному плані доїльного апарата та здійснювати лінеаризацію і тарування первинного перетворювача та вимірювача потоку молока при постійній і амінній в часі інтенсивності молоковіддачі.

8. Лабораторні та виробничі дослідження вимірювача потоку молока показали, що при зміні дестабілізуючих факторів в допустимих межах, приведена похибка вимірювання не перевищує 4.6%.

9. Розроблений вимірювач потоку молока в складі багаторежимного доїльного апарата дозволяє реалізувати наступні функції: вимірювання інтенсивності молоковіддачі і кількості молока; формування керуючих сигналів режимами роботи доїльного апарата.

10. Впровадження доїльного апарата із змінними в процесі доїння режимами роботи, обладнаного індивідуальним кореляційним вимірювачем потоку молока, на фермі з поголів'ям 200 голів забезпечить очікуваний економічний ефект у розмірі 1164.191 млн.крб/рік (в цінах 1995 року) і строк окупності капіталовкладень 1.7 року.

Основні положення дисертації викладені в наступних роботах

1. Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Фененко А.І. Обґрунтування можливості реалізації кореляційного вимірювача кількості молока в процесі доїння:Тез.доп.//Звітна конф. викладачів та аспірантів Львів. держ. с.-г. інституту за наслідками науково-дослідної роботи 1993р.-Львів,1994.-С.164-165.

2. Сиротюк С.В., Дмитрів В.Т. Дослідження датчиків потоку молока в молочному плані доїльного апарата:Тез.доп.//Міжнародна наук.-техн. конф. з питань розвитку механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин.-Глеваха,1994.-С.149-150.

3. Сиротюк В.М., Воробкевич В.Ю., Сиротюк С.В., Фененко А.І. Обґрунтування способу визначення швидкості руху молока при кореляційному вимірюванні інтенсивності молоковіддачі:Тез.доп.// Міжнародна наук.-практ. конф. "Випробування, прогнозування і адапта-

ція до виробничих умов вітчизняної та зарубіжної техніки і технологій для рослинництва та тваринництва". -Дослідницьке, 1995. -С.200-201.

4. Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Фененко А.І. До питання динаміки руху молоко-повітряної суміші в молочному шланзі доїльного апарата/Механізовані процеси сільськогосподарського виробництва. -Львів:Львів.ДСГІ,1995. -С.48-54.

5. А.С. №1706483 А1 СССР. Индивидуальный счетчик молока. (Сиротюк С.В., Сиротюк В.Н., Дмитрив В.Т. и др.)Опубл.23.01.92.Бюл.3.

6. 17Р.5.2.1."Розробити наукові основи взаємодії біотехнічного механізму "людина-машина-тварина" та визначити параметри та режими роботи засобів механізації доїння корів.Науковий звіт."/Реєстраційний No 01934034273 Глеваха, ІМЕСТ УААН,1995.

АННОТАЦІЯ

Сиротюк С.В. Обоснование и оптимизация параметров корреляционного измерителя потока молока в процессе машинного доения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 - механизация сельскохозяйственного производства, Национальный аграрный университет, Киев, 1996.-220с.

Приведены результаты исследований динамики движения молочно-воздушной смеси и начального перепада вакууметрического давления в молочном шланге доильного аппарата в процессе доения, обоснована структура и оптимизированы параметры первичных преобразователей заполнения трубопровода молоком и измерителя потока молока.

Разработаны принципиальные схемы индивидуального корреляционного измерителя потока и количества молока. Приведены программы поддержки работоспособности аппаратных средств, а также управления режимами работы доильного аппарата в зависимости от интенсивности молокоотдачи.

Испытания измерителя в лабораторных и производственных условиях показали, что относительная погрешность измерения количества молока не превышает 4.6%. Результаты исследований использованы при разработке проекта "ФАВ-800".

ANNOTATION

S.Syrotjuk. Substantiation and optimization of the parameters of correlation milk flow gauge in the process of machine milking.

Dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 05.20.01 - Mechanization of agricultural production. National Agrarian University, Kiev, 1996.

Theoretical investigations of milk and air mixture movement dynamics and vacuum-gauge pressure initial fall in milking apparatus milk hose in the milking process, structure substantiation and optimum parameters of initial transporter of milk duct filling, milk flow gauge as well as investigation results are cited in thesis.

Fundamental schemes of individual correlation milk flow and quantity gauge are worked out. Programs of apparatus facilities efficiency maintenance as well as milking apparatus operation rates management depending on milk efficiency intensity are listed in dissertation.

Tests of milk flow gauge under laboratory and production conditions proved that relative error of milk quantity measurement does not exceed 4.6%. Investigations results were used in project "FAF-800" (Farm Automation of Future).

Ключові слова: доїльний апарат, динамічна модель, планг молокопровідний, вимірювач потоку молока, вимірювач заповнення перерізу, комплексний опір, сумарна ємність, первинний перетворювач, оптимізація.

Підп. до друку 20.02.96. Форм. пап. 60x84/16. Умов. друк. арк. 1.

Обл. видав. Л. 1.09. Папір друкарський. Друк офсетний.

Зам. 6 ф. Тираж. 100

Ротапринт ЛДСГІ Дубляни, Студентська, 2

AB 34.596